

Б. А. РУБИН, Е. В. АРЦИХОВСКАЯ и Т. М. ИВАНОВА

УЧАСТИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП ОКСИДАЗ В ЗАЩИТНЫХ РЕАКЦИЯХ ЦИТРУСОВЫХ ПЛОДОВ

(Представлено академиком А. И. Опариным 23 II 1950)

В ряде работ нашей лаборатории показано, что в период созревания плодов имеет место резкое увеличение доли участия оксидаз, регулирующих так называемое остаточное дыхание (¹, ²). Учитывая важную роль окислительных процессов в защитных функциях растений, представлялось необходимым выяснить, связана ли означенная перестройка с изменениями характера реагирования окислительной системы на механическое повреждение ткани и внедрение токсина на различных этапах онтогенеза плодов.

В настоящей статье излагаются полученные по этому вопросу материалы.

Объектом наблюдения служили плоды двух сортов лимона: Новогрузинский и Мейер. Первый из них отличается высокой устойчивостью в период хранения, тогда как второй малолежкий. Опыты проводились на кожуре, которая не разделялась на составляющие ее слои — альbedo и флаведо. Наблюдения над дыханием осуществлялись в приборе Варбурга.

В первой серии опытов изучались изменения интенсивности различных категорий дыхания, возникающих в кожуре в ответ на разрезание ткани и активную аэрацию.

На рис. 1 представлены полученные нами данные, показывающие разницу в поглощении кислорода тканями кожуры через 24 часа после ее разрезания и аэрации по сравнению с поглощением кислорода исходными пробками.

Из представленных на рисунке кривых видно, что характер реакции дыхательной системы кожуры на поранение и аэрацию претерпевает

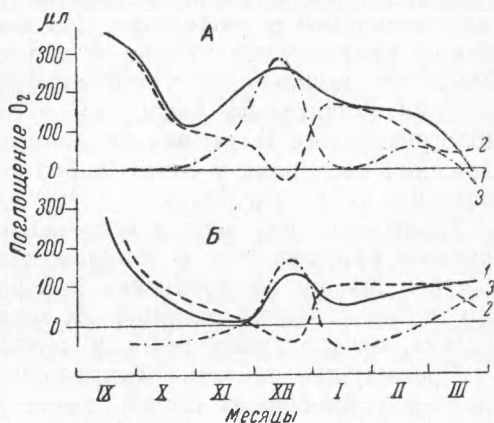


Рис. 1. Изменение дыхания кожуры лимона в результате разрезания ткани и аэрации (разность между дыханием проб через 24 часа после разрезания и дыханием исходных проб). А — лимон Новогрузинский, Б — лимон Мейер. 1 — общее дыхание, 2 — остаточное дыхание, 3 — дыхание, подавляемое 0,01 М KCN

в период роста, созревания и последующего хранения плодов весьма существенные изменения.

Начиная с сентября кривая, отображающая усиление общего дыхания, испытывает плавное падение. Способность тканей кожуры активировать дыхание под влиянием поранения и аэрации по мере развития плодов становится все менее сильной. Однако при приближении плодов к состоянию полной зрелости реакция окислительной системы на поранение вновь значительно активизируется. Кривая держится на высоком уровне в течение 1—1,5 мес. и затем плавно падает.

Приуроченное к периоду созревания плодов повышение реакционной способности окислительной системы кожуры носит не только количественный характер. Весьма существенные изменения претерпевает в этот период и «качество» дыхательной реакции кожуры. Из кривых видно, что в период роста плодов, а также во время их хранения повышение интенсивности дыхания кожуры под влиянием разрезания и аэрации достигается почти исключительно за счет так называемого остаточного дыхания, за счет активирования деятельности ферментов, устойчивых к действию циана.

Оксидазы — Fe, Cu-протеиды, подавляемые цианом, в это время под влиянием аэрации и поранения не активируют своей деятельности. Единственным исключением из этой общей закономерности является период созревания плодов, приходящийся на ноябрь—декабрь. В этот период разрезание кожуры приводит к бурному активированию деятельности оксидаз, неустойчивых к циану. Характерно, что обычно активируемые при разрезании оксидазы флавопротеинового комплекса в период созревания не только не усиливают своей деятельности, но даже несколько ее подавляют. Из рис. 1 видно, что у обоих сортов лимона кривые имеют сходный характер, однако у сорта Мейер, отличающегося пониженной устойчивостью, уровень активирования общего дыхания значительно ниже, чем у отличающегося высокой лежкостью Новогрузинского. В среднем, по данным наших определений, усиление поглощения кислорода у сорта Мейер выразилось цифрой $+112 \text{ мл/г} \cdot \text{час}$, тогда как у Новогрузинского $+199 \text{ мл/г} \cdot \text{час}$.

Таким образом, период созревания плодов сопровождается существенными нарушениями в обычном ходе реакции окислительной системы кожуры лимона на поранение и аэрацию. Весьма вероятно, что эти нарушения являются результатом коренной перестройки в окислительной системе, отмечавшейся нами у плодов различных видов цитрусовых.

Предыдущие работы лаборатории показывают (³), что для характеристики устойчивости плодов имеет важное значение свойственная их окислительным системам реакция на токсические выделения микроорганизмов. Представлялось необходимым выяснить, какова реакция на токсин отдельных групп оксидаз и изменяется ли эта реакция в процессе развития и последующего хранения плодов.

Изучение этого вопроса осуществлялось следующим образом: средние пробы кожуры лимона инфильтрировались токсином, полученным из вирулентной культуры гриба *Penicillium italicum*; контрольные пробы инфильтрировались водой. Половина тех и других проб инфильтрировалась дополнительно 0,01 М раствором KCN. Интенсивность дыхания проб определялась через 3 и 24 часа после инфильтрации.

Результаты опытов представлены на рис. 2. Из кривых рис. 2 видно, что под воздействием токсина возникают существенные изменения в относительной активности отдельных групп окислительных ферментов.

У лимона сорта Новогрузинский на протяжении большей части периода роста плодов, а также во второй половине периода хранения инфильтрация токсина приводит к активированию остаточного дыхания и соответственному уменьшению роли оксидаз, содержащих тяжелые металлы.

Исключением из этого правила опять-таки оказывается период созревания плодов, когда под воздействием токсина остаточное дыхание подавляется, дыхание же, катализируемое Fe, Си-протеидами, несколько активируется.

У лимона сорта Мейер влияние токсина на дыхание кожуры носит иной характер. Здесь не возникают сколько-нибудь значительные изменения в соотношении активности отдельных групп оксидаз, а отмечающиеся небольшие колебания не подчиняются той правильности, которая характерна для лимона Новогрузинский. Если взять среднее за весь изучавшийся период, то разность в поглощении кислорода между пробами, инфильтрированными токсином, и контрольными выразится следующими цифрами (см. табл. 1) (в $\mu\text{л/г}\cdot\text{час}$).

Цифры показывают, что в среднем токсин *P. italicum* вызывает у лимона Новогрузинский активирование остаточного дыхания и подавление дыхания, неустойчивого к циану. У лимона сорта Мейер, отличающегося пониженной лежкостью, под влиянием токсина имеет место угнетение остаточного дыхания и некоторое активирование дыхания, подавляемого цианом.

Не исключено, что различия в реакции окислительных систем на воздействие токсина являются одной из причин различной устойчивости этих сортов к возбудителю голубой плесени. Вполне возможно, что в тканях, у которых в результате инфекции преимущественная роль активирования кислорода не передается более устойчивой группе оксидаз, дезорганизующее вмешательство паразита в обмен не встречает достаточно серьезного противодействия. Вследствие этого такого рода ткани и становятся более легкой добычей микроорганизмов. Детальное изучение этого вопроса нами осуществляется в настоящее время.

Полученные нами материалы показывают таким образом, что в процессе созревания лимона происходят весьма существенные изменения в характере реагирования различных групп дыхания на аэрацию, разрезание, а также на физиологическое раздражение, вызванное токсином.

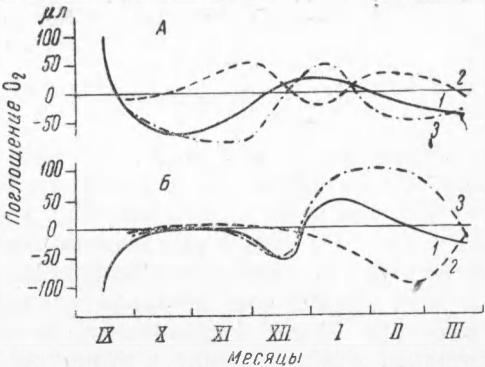


Рис. 2. Влияние токсина *Penicillium italicum* на дыхание кожуры лимона (разность между дыханием проб, инфильтрированных токсином, через 24 часа после введения токсина и дыханием контрольных проб). А — лимон Новогрузинский, Б — лимон Мейер. 1 — общее дыхание, 2 — остаточное дыхание, 3 — дыхание, подавляемое 0,01 М KCN

Таблица 1

Время, прошедшее после инфильтрации токсина, в часах	Сорт Новогрузинский		Сорт Мейер	
	остаточное дыхание	дыхание, подавляемое KCN	остаточное дыхание	дыхание, подавляемое KCN
3	+ 2,3	—28,4	—22,7	+2,2
24	+13,3	—43,0	—22,0	+9,9
В среднем . . .	+ 7,8	—35,7	—22,3	+6,0

Отсюда видно, что представления зарубежных исследователей о так называемом климактерическом усилении дыхания во время созревания плодов ⁽⁴⁾ не раскрывают всей сложности процессов, которые в этот период в действительности имеют место.

Поступило
16 I 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Е. Арциховская и Б. Рубин, ДАН, 64, № 2 (1949). ² Б. Рубин, Е. Арциховская и Т. Иванова, ДАН, 67, № 6 (1949). ³ Б. Рубин, Е. Арциховская и Т. Иванова, ДАН, 59, № 8 (1948); 60, № 3 (1948); 60, № 6 (1948). ⁴ F. Kidd and C. West, Dept. Sci. Industr. Res. Lond. Rep. Food Invest., 40 (1925—1926); Ann. Bot., 4, No. 13 (1940).